



中等职业教育示范专业规划教材

数控车床加工工艺 与编程操作

王兵 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业教育示范专业规划教材

数控车床加工工艺与编程操作

王 兵 编



机械工业出版社

本书是依据《国家职业标准》中级数控车工的知识要求和技能要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书在介绍数控车床基础知识、组成结构等基础上,以 HNC-21T(华中数控)、FANUC 0i(法拉克数控)2种数控系统为主要学习对象,对2种系统的手动控制、程序的输入与编辑、对刀操作与自动加工操作等方面进行了详细介绍和说明,同时还讲解了基本编程指令的应用方法、数控车加工工艺的制定方法与各种典型零件的加工方法等。

全书共分7个模块,分别为数控车床基础知识、数控车削加工工艺、数控车床编程与加工基础、数控车床的操作、轴类零件的车削、套类零件的车削和复杂零件的车削。

本书可作为中等职业学校数控技术应用专业和机械加工专业数控车床加工实训的教学用书,也可作为各种培训机构的教材,还可作为技校、各种短训班的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控车床加工工艺与编程操作/王兵编. —北京:机械工业出版社, 2009.5

中等职业教育示范专业规划教材

ISBN 978-7-111-26965-6

I. 数… II. 王… III. ①数控机床:车床-加工工艺-专业学校-教材
②数控机床:车床-程序设计-专业学校-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第065586号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:崔占军 责任编辑:王佳玮

版式设计:张世琴 责任校对:张晓蓉

封面设计:鞠杨 责任印制:洪汉军

三河市国英印务有限公司印刷

2009年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13.75印张·335千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-26965-6

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379201

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着经济的发展，国内人才市场的供需结构发生了深刻的变化，为适应培养 21 世纪技能型人才的需要和满足全国中等职业技术学校机械类专业教学的要求，在一切为了学生就业的导向和以企业用人标准为依据的前提下，编者充分考虑各地不同的办学条件，并遵从中等职业技术学校学生的认知能力和思维规律，编写了本书。

本书采用了最新的国家标准，在内容表达方式上，以职业实践活动为核心来组织必要的知识和技能。全书具有以下三个主要特点：

第一，打破以学科为中心的教学组织方式，从职业活动的实际需要出发来组织教学，强化实际操作能力的培养。

第二，教学内容本体化，不刻意向其他学科扩展，课程结构模块化，每个模块以“问题为中心”展开，把专业知识和专业技能有机地融合为一体。

第三，通过大量的实践案例和图表化的表现形式，强化实践，兼顾理论，增加了师生互动的环节，专业知识与专业技能由浅入深、直观明了，便于自学。

本书由荆州技师学院（荆州市高级技工学校）的王兵老师编写。书中内容是编者多年来实际工作的体会与经验总结，同时借鉴了国内同行的最新资料与文献，在此谨致谢意。由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

模块一 数控车床基础知识..... 1

1. 数控车床的组成 1
2. 数控车床的工作原理 2
3. 数控车床主传动系统和进给运动 2
4. 数控车床的加工范围与其他装置 6
5. 数控车床的主要功能特点 9
6. 数控车床的分类 10
7. 数控车床的布局 15
8. 常用数控系统简介 17
9. 安全文明生产 18

模块二 数控车削加工工艺 21

1. 数控车削加工工艺概述 21
2. 数控加工工艺文件 22
3. 数控车削加工工艺的制定 28
4. 数控车床常用刀具与切削用量的选择 ... 34
5. 工件在数控车床上的定位与装夹 47
6. 典型零件的数控车削加工工艺分析 52

模块三 数控车床编程与加工基础 57

1. 数控车床编程基础知识 57
2. 数控车床的坐标系 58
3. 数控车床的编程规则 61
4. 常用术语与指令代码 63
5. 数控加工程序的格式与组成 70

6. 数控加工中的数学计算 72

7. 刀具补偿功能 77

模块四 数控车床的操作 80

1. HNC-21T 数控系统的操作 80
2. FANUC Oi Mate TB 数控系统的操作 99

模块五 轴类零件的车削..... 108

1. 轴类零件的特性、技术要求与工艺特点 108
2. 轴类零件的车削加工编程 109
3. 加工质量分析 148

模块六 套类零件的车削..... 153

1. 套类零件的特性、技术要求与工艺特点 153
2. 套类零件的车削加工编程 154
3. 加工质量分析 175

模块七 复杂零件的车削..... 177

1. 复杂零件的车削加工编程 177
2. 子程序的应用 193
3. 非圆曲线的拟合与误差分析方法 198
4. 宏程序的应用 199

附录 数控车工（中级）技能鉴定考

核大纲..... 208

参考文献..... 213

模块一 数控车床基础知识

数控是数字程序控制的简称，它是一种以数字信号作为指令的信息形式。通过数字逻辑电路或计算机控制的机床，在当今机械制造行业中应用非常广泛。

知识目标

- ① 了解数控车床的组成与工作过程。
- ② 理解数控车床主运动的传递。
- ③ 了解数控车床的功能特点。
- ④ 了解数控车床的分类与布局。
- ⑤ 掌握安全文明生产的要求。

学习内容

1. 数控车床的组成

数控车床的外形如图 1-1 所示，它由数控系统、床身、主轴、刀架系统、液压系统、冷却系统、润滑系统、排屑器、防护罩等组成。

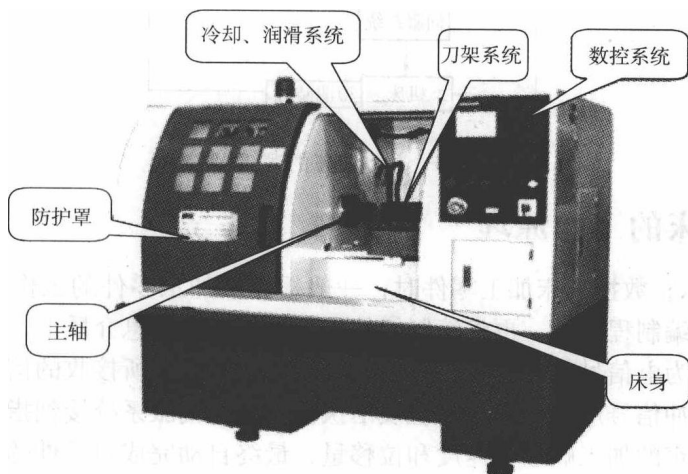


图 1-1 数控车床的基本组成

图 1-1 所示为数控车床的外形主体结构组成，一般情况下数控车床由输入输出设备、数控装置、伺服单元、执行机构及电气控制装置、辅助装置、测量反馈装置与主体组成，如图 1-2 所示。

但数控车床的关键与核心还是其数控系统，它包含伺服系统与数控装置。伺服系统是关键部件，在车床中起“伺候服务”的作用，主要用来接收数控装置输出的指令信息。其输出端是数控车床刀架运动部分的驱动元件，它包括驱动装置和执行机构两部分。数控装置是

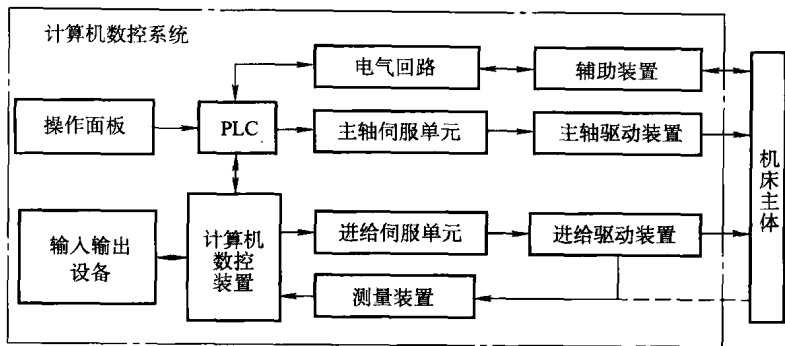


图 1-2 数控车床组成框图

数控系统的核心部件，它控制车床中各种指令信息的接收、处理及调配，并对伺服系统发出执行的命令。数控装置一般由译码器、运算器、存储器、显示器、输入装置和输出装置等组成，如图 1-3 所示。

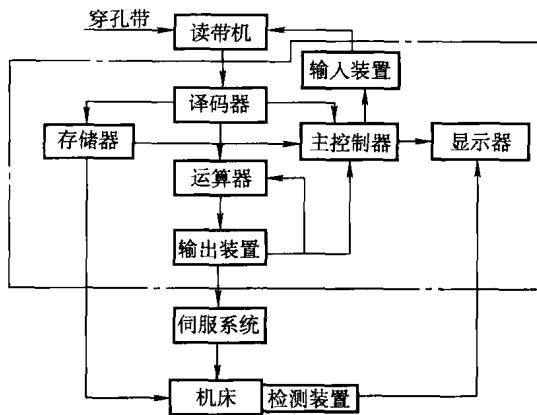


图 1-3 数控装置的逻辑框图

2. 数控车床的工作原理

如图 1-4 所示，数控车床加工零件时，一般根据被加工零件的工作图样，用规定的数字代码和程序格式编制程序单，再将编制好的程序单记录在信息介质上，通过阅读机把信息介质上的代码转变为电信号，并输送到数控装置，数控装置将所接收的信号进行处理后，再将其处理结果以脉冲信号形式向伺服系统发出执行指令，伺服系统接到指令后，马上驱动车床各进给机构按规定的加工顺序、速度和位移量，最终自动完成对零件的车削。

3. 数控车床主传动系统和进给运动

(1) 主传动系统

1) 主传动系统的特点。与普通机床的主传动系统相比，数控机床的主传动系统在结构上比较简单，它的变速功能全部或大部分由主轴电动机的无级调速来承担，省去了繁杂的齿轮变速机构。

2) 主轴变速的方式。主轴变速的方式有很多。

① 无级变速。数控车床一般采用直流或交流主轴伺服电动机来实现主轴的无级变速。

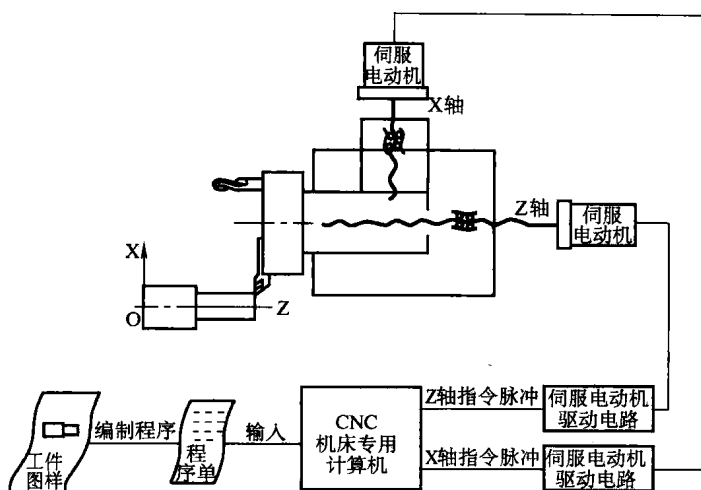


图 1-4 数控车床的基本工件原理

交流主轴电动机及交流变频驱动装置由于没有电刷，不产生火花，其性能已达到直流驱动系统的水平，甚至在噪声方面还有所降低，因而应用很广泛。

② 分段无级变速。数控车床在实际生产中一般要求在中、高速度段时为恒功率传动，而在低速段时为恒转矩传动。为了保证数控车床在低速时有较大的转矩和主轴变速范围尽可能的大，有的数控车床在交流或直流电动机无级变速的基础上配以齿轮变速，使之成为分段无级变速，即：带有变速齿轮的主传动、通过带传动的主传动、用两个电动机分别驱动的主轴等。数控车床主传动的四种配置方式如图 1-5 所示。

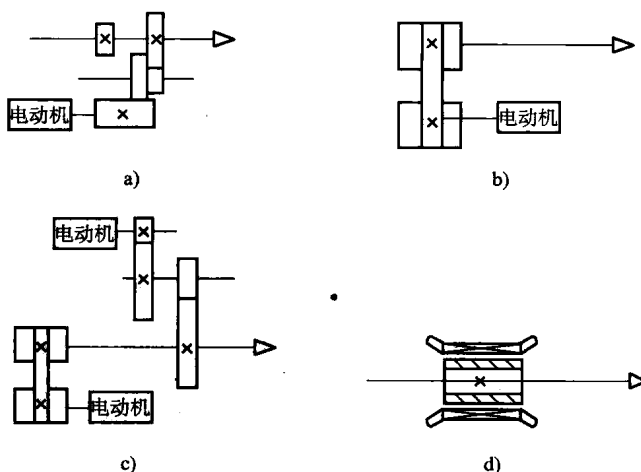


图 1-5 数控车床主传动的四种配置方式

a) 变齿轮变速 b) 带传动 c) 两个电动机分别驱动 d) 内装电动机主轴传动结构

③ 液压拨叉变速机构。在带有齿轮传动的主传动系统中，齿轮的换挡主要都是以液压拨叉来完成的，通过改变不同的通油方式可使三联齿轮块得到三个不同的变速位置。其原理图如图 1-6 所示。

该机构除液压缸和活塞杆外,还增加了套筒4。当液压缸1通入压力油,而液压缸5卸压时,活塞杆2便带动拨叉3向左移动到极限位置,此时拨叉带动三联齿轮块移动到左端。当液压缸5通压力油,而液压缸1卸压时,活塞杆2和套筒4一起向右移动,在套筒4碰到液压缸5的端部后,活塞杆2继续右移到极限位置,此时,三联齿轮块被拨叉3移动到右端。当压力油同时进入液压缸1和5时,由于活塞杆2的两端直径不同,使活塞杆处在中间位置。在设计活塞杆2和套筒4的截面直径时,应使套筒4的圆环面上的向右推力大于活塞杆2的向左推力。液压拨叉换挡在主轴停车之后才能进行,但停车时拨叉带动齿轮块移动又可能产生“顶齿”现象,因此在这种主运动系统中通常设一台微电动机,它在拨叉移动齿轮块的同时带动各传动齿轮作低速回转,使移动齿轮与主动齿轮顺利啮合。

④ 电磁离合器变速。电磁离合器是应用电磁效应接通或切断运动的元件,由于它便于实现自动操作,并有现成的系列产品可供选用,因此已成为自动装置中常用的操纵元件。电磁离合器用于数控机床的主传动时,能简化变速机构,通过若干个安装在各传动轴上的离合器的吸合和分离的不同组合来改变齿轮的传动路线,实现主轴的变速。

⑤ 内置电动机主轴变速。这种主传动是电动机直接带动主轴旋转,如图1-5d所示,因而大大简化了主轴箱体与主轴的结构,有效地提高了主轴部件的刚度,但主轴输出转矩小,电动机发热对主轴的精度影响也较大。

(2) 进给运动 数控车床的主运动以保证刀具与工件相对正确的位置关系为目的,被加工零件的位置轮廓精度都会受到进给运动的传动精度、稳定性以及灵敏度的影响。不论是加工线路中的点位控制还是连续控制,其进给运动都是数字控制系统的直接对象,对于闭环伺服控制系统,还要在进给运动的末端加上位置检测反馈装置,以使运动更为准确。

数控车床的进给传动系统如图1-7所示,一般均采用进给伺服系统,这也是数控车床区别于其他普通车床的一个特殊部分。

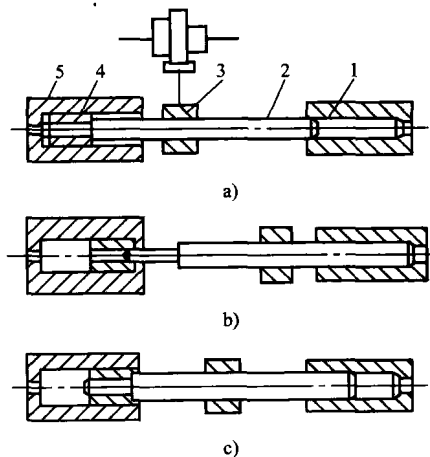


图1-6 三位液压拨叉的工作原理图

a) 液压缸1通入压力油 b) 液压缸5通入压力油
c) 通入压力油

1、5—液压缸 2—活塞杆 3—拨叉 4—套筒

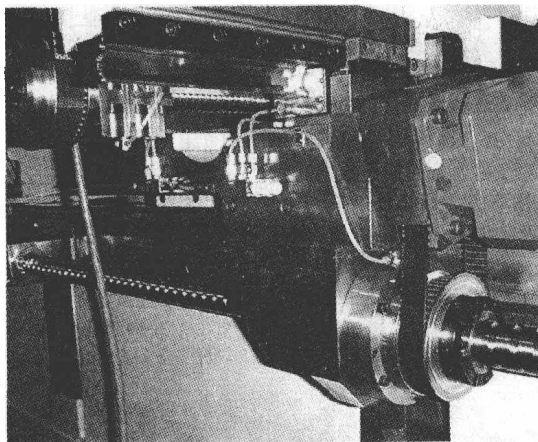


图1-7 数控车床的进给传动系统

1) 车刀进给原理。图 1-8 所示是数控车床车刀的进给原理。一般卧式车床是通过车刀直、斜、圆弧或其他曲线的进给运动,配合工件旋转完成车削加工的。数控车床车削加工时,是把刀具的进给分成对不同坐标的进给,而每一进给量又分割成若干个单位(位移)量,由数控系统根据工件加工程序的要求,不断按刀具各坐标比例移动,从而完成车刀的进给运动。

在如图 1-8a 所示的曲线车削中,可以把曲线 L 细分为 ΔL_1 、 $\Delta L_2 \cdots \Delta L_n$ 等线段。车刀在 Z 坐标和 X 坐标方向上单位时间内的位移量为 ΔZ_1 、 ΔX_1 ,即可合成线段 ΔL_1 。由于 ΔL_n 的斜率在不断变化,进给分量 $\Delta X_n/\Delta Z_n$ 也会随之变化,车床数控系统不断发出连续指令,使车刀在 X 、 Z 两坐标方向的 ΔX 与 ΔZ 的比值也变化,从而使车刀作连续位移,完成曲线车削。如图 1-8b 所示, ΔL 的斜率是不变的,即 $\Delta X/\Delta Z$ 的比值不变,数控装置只要按 $\Delta X/\Delta Z$ 的比例发出连续移动指令,便能完成圆锥车削。如图 1-8c 所示,刀具按已确定的进给量连续位移,便完成圆柱直线车削。在数控车床加工中,数控车床的进给量 ΔX 和 ΔZ 是由车床数控装置输出的脉冲当量所决定的,每一个脉冲当量是车床的最小位移量,一般为 0.001mm 。

2) 数控车床对进给系统的性能要求。要求如下:

- ① 消除传动间隙,提高传动精度和刚度。
- ② 减小运动间的摩擦阻力。
- ③ 减少运动部件惯性量。
- ④ 系统要的适度阻尼。

3) 滚珠丝杠螺母副。在数控车床进给系统中,要将旋转运动与直线运动进行相互的转换,就必须靠滚珠丝杠螺母副来完成。

滚珠丝杠螺母副的结构原理如图 1-9 所示,它是一种在丝杠和螺母间装有滚珠作为中间元件的丝杠副。在丝杠 3 和螺母 1 上都有半圆形的螺旋槽,当它们套装在一起时,便形成了滚珠的螺旋滚道。螺母上有滚珠回路管 b,将几圈

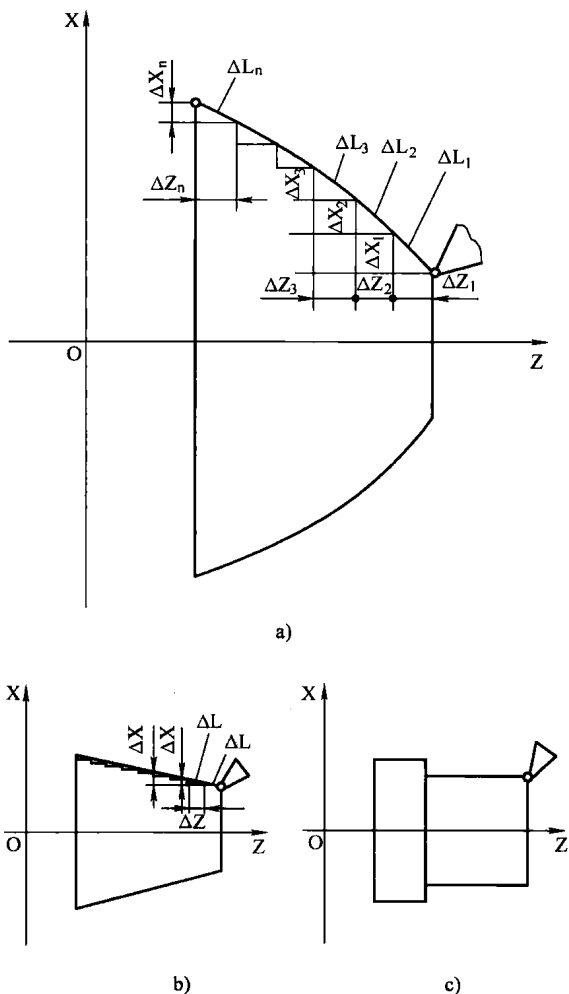


图 1-8 数控车床的车刀进给原理图

a) 车削曲线 b) 车削斜线 c) 车削直线

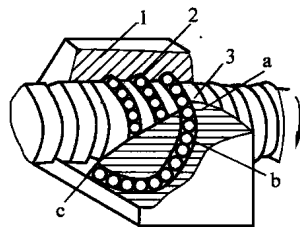


图 1-9 滚珠丝杠螺母副的结构

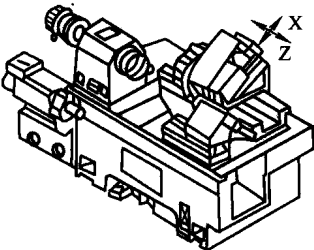
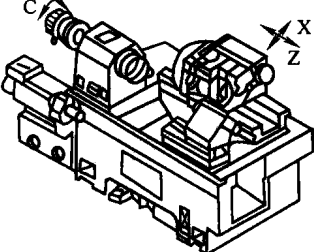
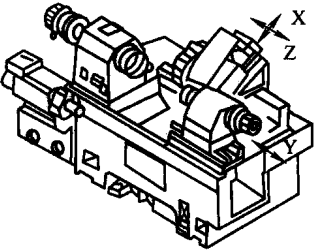
1—螺母 2—滚珠 3—丝杠
a、b、c—滚珠回路管道

螺旋滚道的两端连接起来构成封闭的循环滚道，并在滚道内装满滚珠 2。当丝杠 3 旋转时，滚珠 2 在滚道内沿滚道循环转动，迫使螺母轴向移动。

4. 数控车床的加工范围与其他装置

(1) 数控车床的配置与加工能力范围 数控车床的结构配置不同，其加工能力也不相同，见表 1-1。

表 1-1 数控车床的配置与加工能力范围

机 型 配 置		加 工 能 力
标准二轴		
C 轴 + 动力刀架		
副主轴		

(2) 数控车床的加工范围 与传统车床相比，数控车床比较适合于车削具有以下要求和特点的回转体零件：

- 1) 精度要求高的零件。由于数控车床的刚性好，制造和对刀精度高，以及能方便和精确地进行人工补偿甚至自动补偿，所以它能够加工尺寸精度要求高的零件，在有些场合可以以车代磨。此外，由于数控车削时刀具运动是通过高精度插补运算和伺服驱动来实现的，再加上机床的刚性好和制造精度高，所以它能加工对素线直线度、圆度、圆柱度公差要求高的零件。
- 2) 表面粗糙度好的回转体零件。数控车床能加工出表面粗糙度小的零件，不但是因为机床的刚性好和制造精度高，还由于它具有恒线速度切削功能。在材质、精车留量和刀具已

定的情况下,表面粗糙度取决于进给速度和切削速度。使用数控车床的恒线速度切削功能,就可选用最佳线速度来切削端面,这样切出的零件表面粗糙度既小又一致。数控车床还适合于车削各部位表面粗糙度要求不同的零件,表面粗糙度小的部位可以用减小进给速度的方法来达到,而这在传统车床上是做不到的。

3) 轮廓形状复杂的零件。数控车床具有圆弧插补功能,所以可直接使用圆弧指令来加工圆弧轮廓。数控车床也可加工由任意平面曲线所形成的回转轮廓零件,既能加工可用方程描述的曲线,也能加工列表曲线。如果说车削圆柱零件和圆锥零件既可选用传统车床也可选用数控车床,那么车削复杂回转体零件就只能使用数控车床。数控车削加工零件如图1-10所示。

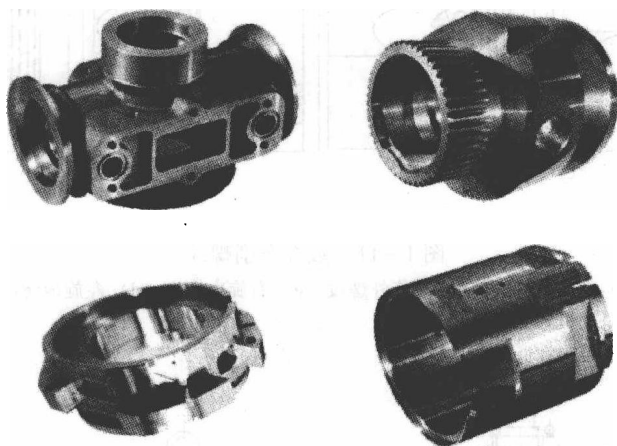


图1-10 数控车削加工零件

4) 带一些特殊类型螺纹的零件。传统车床所能切削的螺纹相当有限,只能加工等螺距的直、锥面公、英制螺纹,而且一台车床只限定加工若干种节距。数控车床不但能加工任何等螺距直、锥面,公、英制和端面螺纹,而且能加工增螺距、减节距,以及要求等螺距、变螺距之间平滑过渡的螺纹。数控车床加工螺纹时主轴转向不必像传统车床那样交替变换,它可以一刀又一刀不停顿地循环,直至完成,所以它车削螺纹的效率很高。数控车床还配有精密螺纹切削功能,再加上一般采用硬质合金成型刀片,以及可以使用较高的转速,所以车削出来的螺纹精度高、表面粗糙度小。可以说,包括丝杠在内的螺纹零件很适合于在数控车床上加工。数控车削螺纹如图1-11所示。

5) 超精密、超低表面粗糙度的零件。磁盘、录像机磁头、激光打印机的多面反射体、复印机的回转鼓、照相机等光学设备的透镜及其模具,以及隐形眼镜等要求超高的轮廓精度和超低的表面粗糙度值,它们适合于在高精度、高功能的数控车床上加工。以往很难加工的塑料散光用的透镜,现在也可以用数控车床来加工。超精加工的形状误差可达到 $0.1\mu\text{m}$,表面粗糙度可达 $0.02\mu\text{m}$ 。超精车削零件的材质以前主要是金属,现已扩大到塑料和陶瓷。

(3) 其他装置

1) 数控车床的排屑与润滑系统。常见的排屑装置有平板式排屑装置、刮板式排屑装置和螺旋式排屑装置三种,如图1-12所示。

2) 数控车床的夹紧装置。如图1-13所示,液压卡盘是数控车削加工时夹紧工件的重要附件,对一般回转类零件可采用普通液压卡盘;对零件被夹持部位不是圆柱形的零件,则

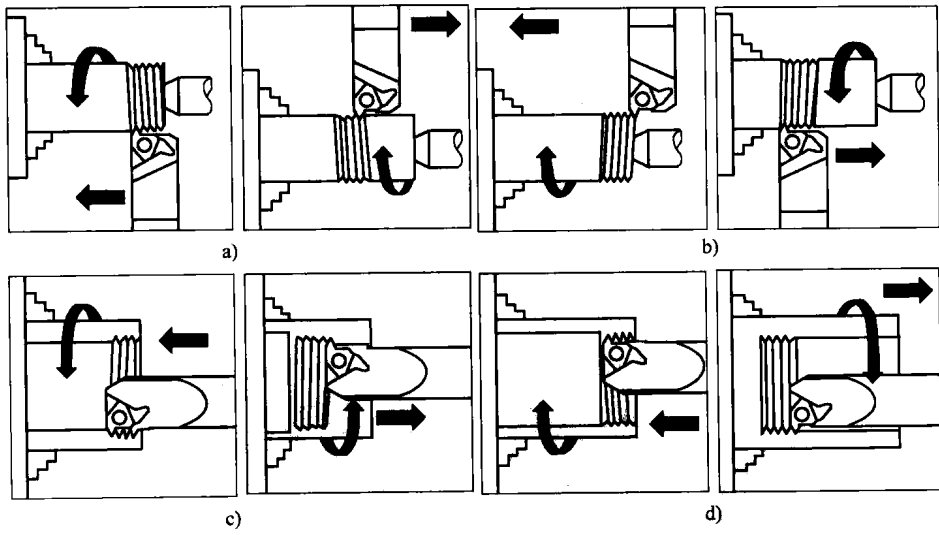


图 1-11 数控车削螺纹

a) 右旋外螺纹 b) 左旋外螺纹 c) 右旋内螺纹 d) 左旋内螺纹

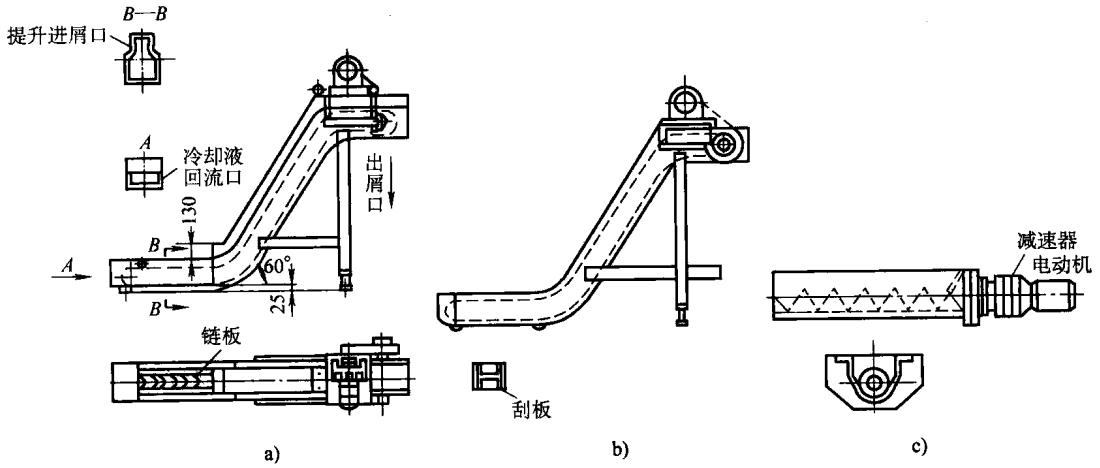


图 1-12 数控车床排屑装置

a) 平板式排屑装置 b) 刮板式排屑装置 c) 螺旋式排屑装置

需要采用专用卡盘；用棒料直接加工零件时需要采用弹簧卡盘，如图 1-14 所示。

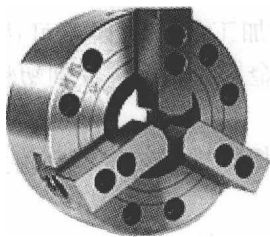


图 1-13 液压卡盘

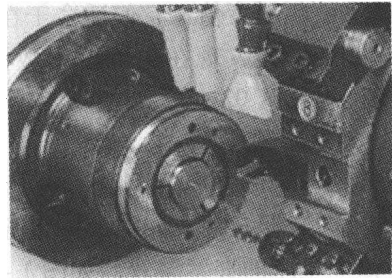


图 1-14 弹簧夹头卡盘

3) 尾座部分。对轴向尺寸和径向尺寸的比值较大的零件, 需要采用安装在液压尾座上的活顶尖对零件尾端进行支撑, 才能保证对零件进行正确的加工。尾座有普通液压尾座和可编程液压尾座, 如图 1-15 所示。

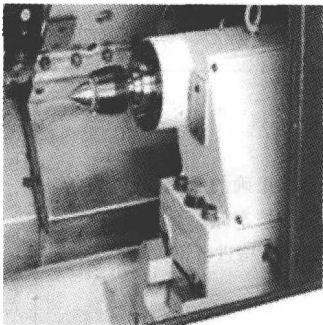


图 1-15 可编程控制液压尾座

5. 数控车床的主要功能特点

(1) 数控车床的主要功能 不同数控车床其功能是不一样的, 但都应具备下面六个主要功能:

- 1) 直线插补功能。
- 2) 圆弧插补功能。
- 3) 固定循环功能。
- 4) 恒线速度切削功能。
- 5) 刀尖半径自动补偿功能。

(2) 数控车床的特点 数控车床是实现柔性自动化的重要设备, 与普通车床相比, 数控车床须从 2 个方面来表达, 见表 1-2 和 1-3。

表 1-2 数控车床总的方面的特点

特 点	简 要 说 明	备 注
适合于复杂零件的加工	数控车床的最大特点是利用穿孔带可对各相关坐标进行数值控制, 几何形状复杂的零件, 可利用计算机进行编程, 能迅速、方便地得到穿孔带, 一般难以用手动操作或非数控车床加工的复杂零件, 如凸轮、样板、模具型面、复杂轴、盘、箱体零件等, 可用数控车床方便地加工	简易数控车床将许多数控车床的功能进行简化, 适合于某些较简单的零件加工
换批量调整方便, 适合于多品种、中小批量柔性自动化生产	数控车床利用穿孔带控制, 换批时更换穿孔带即可, 调整远比非数控车床, 如凸轮控制车床、程序控制车床等方便	换批调整快慢取决于工人的技术熟练程度
便于实现信息流自动化, 在数控车床基础上, 可实现 CIMS (计算机集成制造系统)	数控车床在数字控制上具有突出优点, 利用计算机可以实现信息流自动化, 并从而进一步实现 CIMS	目前 CIMS 处于研制发展阶段

表 1-3 数控车床结构方面和安装维护方面的特点

特 点	简 要 说 明	备 注
结构方面		
数控车床主轴和进给可自动变速, 各坐标可自动定位, 机、电、液驱动机构的互相配合十分严格	要求主轴驱动电动机、工作台伺服电动机自动变速, 且具有较高的快速性、灵敏度, 对主轴轴承、床身导轨、驱动电动机液压电气控制元件均有严格的技术要求	主轴电动机、伺服电动机的性能, 严重影响数控车床的水平

(续)

特 点	简要说明	备 注
安装维护方面		
要求正确的安装，特别是对高精度数控车床，尤应重视正确安装。严格进行正常维护	数控车床的控制系统复杂，且具有较多的机、电、液、气、电子元件及测量元件等，数控系统有强电、弱电两部分，安装地区、位置比一般非数控车床有更严格的要求。为防止灰尘杂物侵入，温度变化不能剧烈，尤应加强正常维护，对任何故障都应及时修理，否则数控车床使用不能得到良好的经济效果	应有成套的维修队伍和高水平的技术人员与工人，并有充足的备件
车床的驱动、执行、控制三部分，控制较复杂	数控车床的控制部分比非数控车床复杂，没有先进可靠的电子元件和功能齐备的数控系统及计算机技术，无法实现数控车床的优点并使之可靠地工作	数控车床的可靠性，刀具的先进性，均十分关键，是数控车床能否可靠用于生产的根本
在总体布局上，要求车床具有足够的刚度、精度，并易于排屑	数控车床的加工自动换刀装置（ATC）和交换工作台（APC），可实现全自动无人化工作，车床在强力切削下工作，效率高，要求具有足够的刚度、精度和保持性，并易于排除切屑	

6. 数控车床的分类

(1) 数控车床的分类 数控车床的类别很多，通常都以和普通车床相似的方法分类。

1) 按数控车床主轴的位置分类。这种分类方法可将数控车床分为立式数控车床和卧式数控车床，如图 1-16 所示。

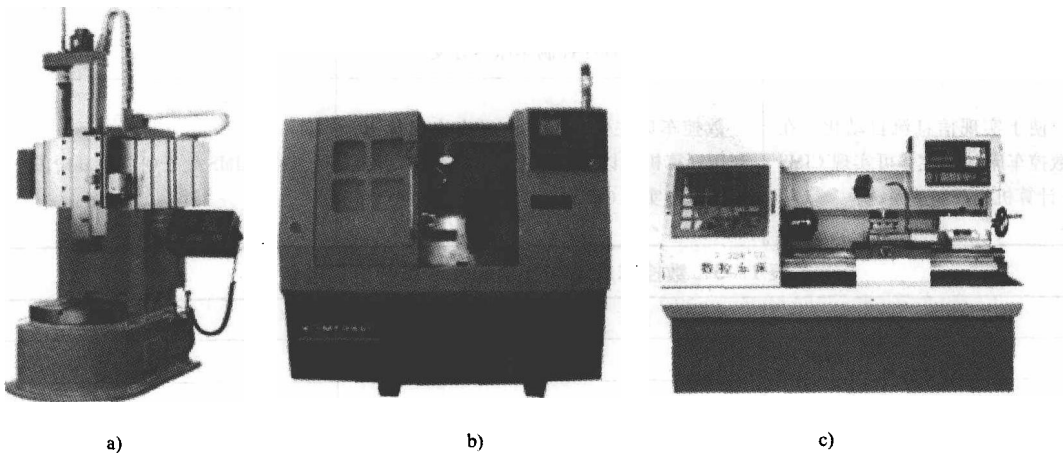


图 1-16 按主轴位置分类

a) 立式数控车床 b) 卧式倾斜导轨数控车床 c) 卧式水平导轨数控车床

立式数控车床的主轴垂直于水平面，并有一个直径很大的圆形工作台，用来装夹零件

用,主要用于加工径向尺寸较大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。卧式数控车床,它又分卧式水平导轨数控车床和卧式倾斜导轨数控车床,倾斜导轨可使数控车床具有更大的刚性,并易于排屑。

2) 按刀架数量分类。这种分类可将数控车床分为单刀架和双刀架数控车床。

图 1-17 所示是单刀架数控车床。数控车床一般都配置有各种形式的单刀架,如四工位自动转位刀架或多工位转塔式自动转位刀架,如图 1-18 所示。

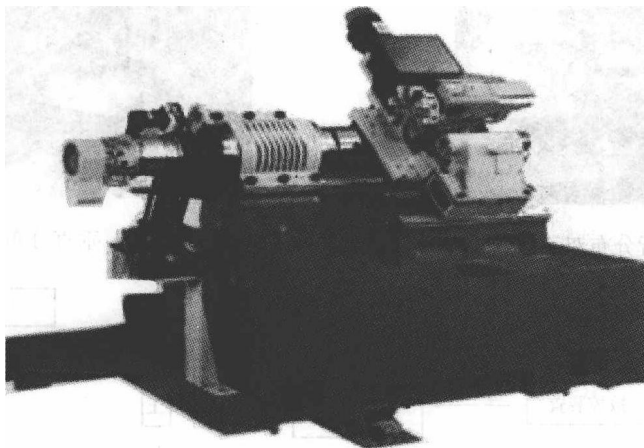


图 1-17 单刀架数控车床

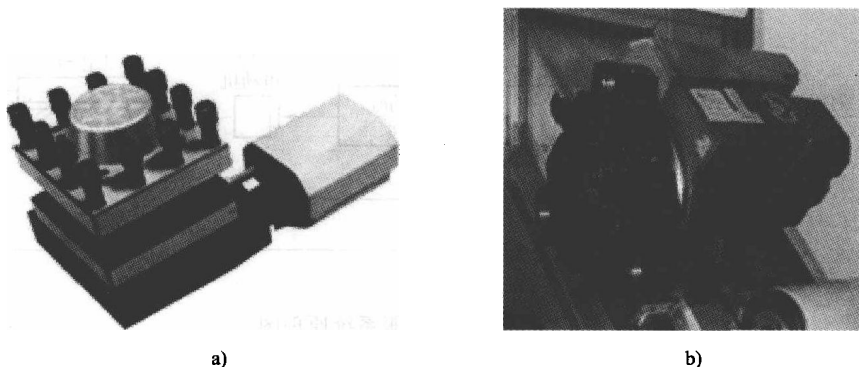


图 1-18 数控车床单刀架

a) 四工位自动转位刀架 b) 多工位转塔式自动转位刀架

双刀架数控车床的双刀架配置平行分布,如图 1-19 所示;也可以是相互垂直分布,如图 1-20 所示。

3) 按伺服系统的类别分类。数控机床的伺服系统的分类实际上是根据其不同的控制方式进行的,即机床有无检测反馈元件以及检测装置分类。它分为开环伺服数控车床、闭环伺服数控车床、半闭环伺服控制数控车床。

① 开环伺服数控车床。如图 1-21 所示,这类车床没有检测反馈装置,它适应于精度和速度要求均不高的场合。其优点是结构简单、成本较低、工作比较稳定、调试使用方便。

② 闭环伺服数控车床。如图 1-22 所示,这种数控车床在其运动部件上安装了位移测量装置,它主要由比较环节、伺服驱动放大器、进给伺服电动机、机械传动装置和直线位移

装置所组成。

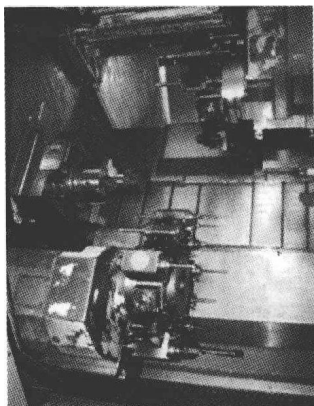


图 1-19 平行分布双刀架数控车床

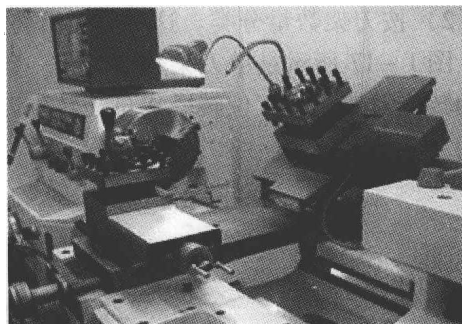


图 1-20 垂直分布双刀架数控车床

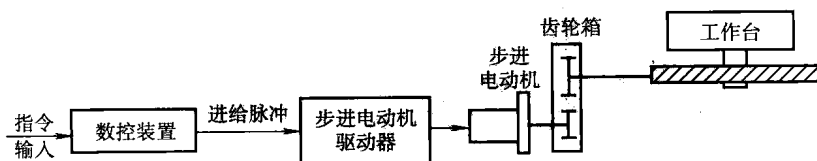


图 1-21 开环伺服数系统原理图

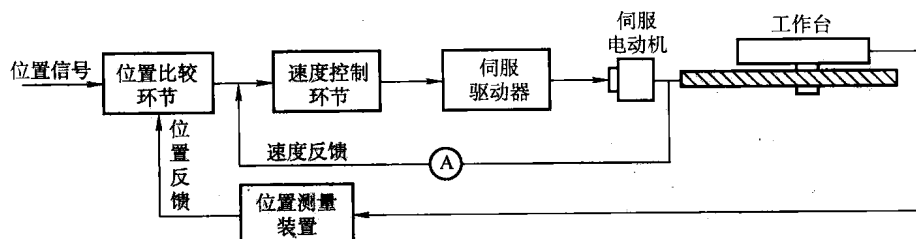


图 1-22 闭环伺服系统原理图

③ 半闭环伺服控制数控车床。如图 1-23 所示，大多数的数控车床都采用这种伺服控制，它的控制检测元件安装在电动机或丝杠的端头。这种车床的闭环路内不包括机械传动环节，同时它又采用了如脉冲编码器这样高分辨率的测量元件，因而又可获得稳定的控制和较高的精度与速度。

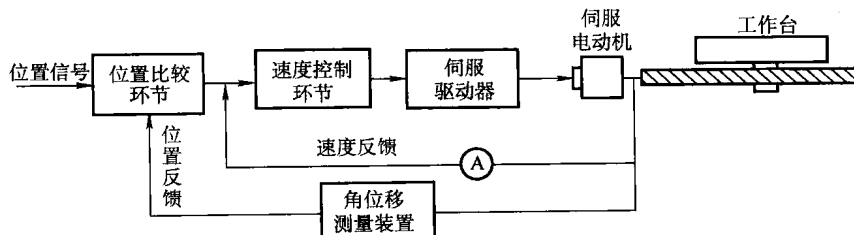


图 1-23 半闭环伺服系统原理图